

電力システム解析論

第9回 系統のインピーダンス・
アドミタンス行列

平成29年12月5日

三相電力回路

- 架空地線を含む三相一回線送電線の回路
 - 回路方程式

$$\begin{bmatrix} V_{1a} \\ V_{1b} \\ V_{1c} \\ V_{1gw} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} V_{2a} \\ V_{2b} \\ V_{2c} \\ V_{2gw} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} & Z_{agw} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} & Z_{bgw} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} & Z_{cgw} \\ Z_{gwa} & Z_{gwb} & Z_{gwc} & Z_{gwgw} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \\ I_{gw} \end{bmatrix}$$

$$V_{1gw} = V_{2gw} = 0 \quad \text{より}$$

$$I_{gw} = -\frac{Z_{gwa}I_a + Z_{gwb}I_b + Z_{gwc}I_c}{Z_{gwgw}}$$

三相電力回路

- 架空地線を含む三相一回線送電線の回路

- 回路方程式

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} V_{1a} \\ V_{1b} \\ V_{1c} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} V_{2a} \\ V_{2b} \\ V_{2c} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ba} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ca} & Z_{cb} & Z_{cc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{agw} \\ Z_{bgw} \\ Z_{cgw} \end{bmatrix} I_{gw} \\
 &= \begin{bmatrix} Z_{aa} - \frac{Z_{agw}Z_{gwa}}{Z_{gwgw}} & Z_{ab} - \frac{Z_{agw}Z_{gwb}}{Z_{gwgw}} & Z_{ac} - \frac{Z_{agw}Z_{gwc}}{Z_{gwgw}} \\ Z_{ba} - \frac{Z_{bgw}Z_{gwa}}{Z_{gwgw}} & Z_{bb} - \frac{Z_{bgw}Z_{gwb}}{Z_{gwgw}} & Z_{bc} - \frac{Z_{bgw}Z_{gwc}}{Z_{gwgw}} \\ Z_{ca} - \frac{Z_{cgw}Z_{gwa}}{Z_{gwgw}} & Z_{cb} - \frac{Z_{cgw}Z_{gwb}}{Z_{gwgw}} & Z_{cc} - \frac{Z_{cgw}Z_{gwc}}{Z_{gwgw}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} Z'_{aa} & Z'_{ab} & Z'_{ac} \\ Z'_{ba} & Z'_{bb} & Z'_{bc} \\ Z'_{ca} & Z'_{cb} & Z'_{cc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

系統計算

- 系統の計算=回路計算

- 起電力 E_g , 内部インピーダンス Z_g , 負荷電流 I_L , 負荷電圧 V_L

$$V_L = E_g - I_L Z_g$$

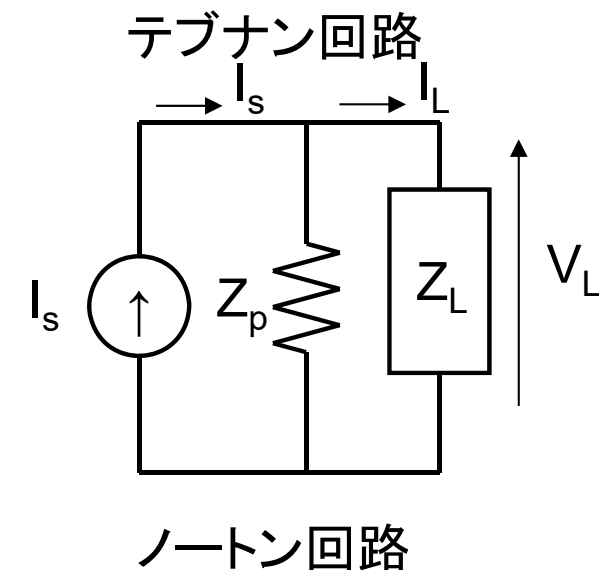
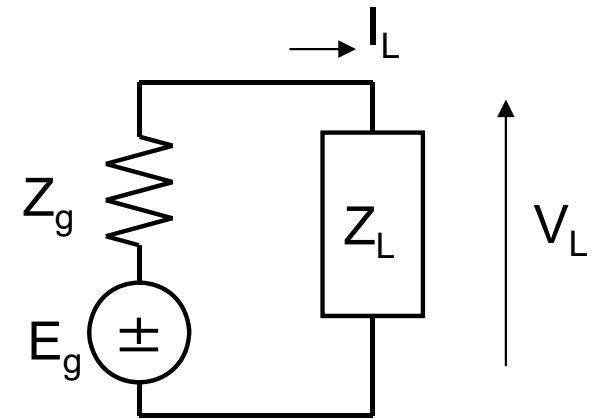
- 電源の電圧源 \leftrightarrow 電流源変換

- 内部抵抗 Z_p , 電流源 I_g ,

$$E_g = I_s Z_p \quad Z_g = Z_p$$

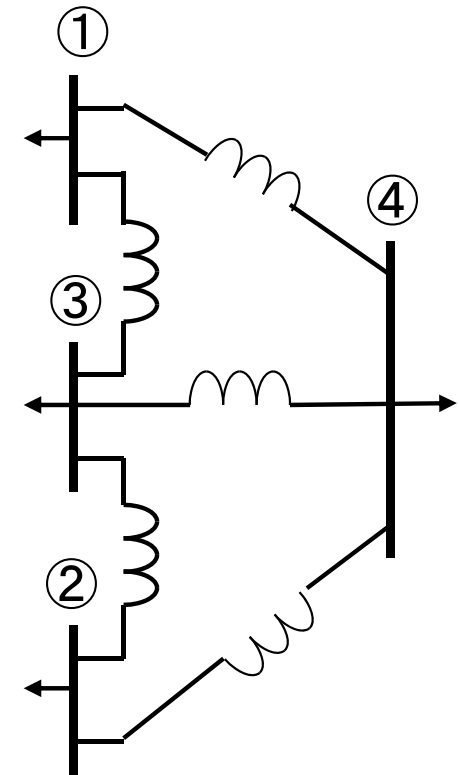
- 負荷電圧が等しければ電源及びインピーダンスは等価に表される

$$V_L = (I_s - I_L) Z_p = I_s Z_p - I_L Z_p$$



潮流計算

- 潮流計算とは
 - 発電機母線, 送電線, 負荷母線における
 - 電圧・電流の振幅位相
 - 有効電力・無効電力を求める
- 潮流計算の目的
 - 電力系統の運転状態を知る
 - 電力系統の運用計画を立てる



電力系統図

潮流計算に用いるデータ

- 線路データ

- アドミタンス行列

- 自己アドミタンス
 - 相互アドミタンス

$$[I] = [Y][V]$$

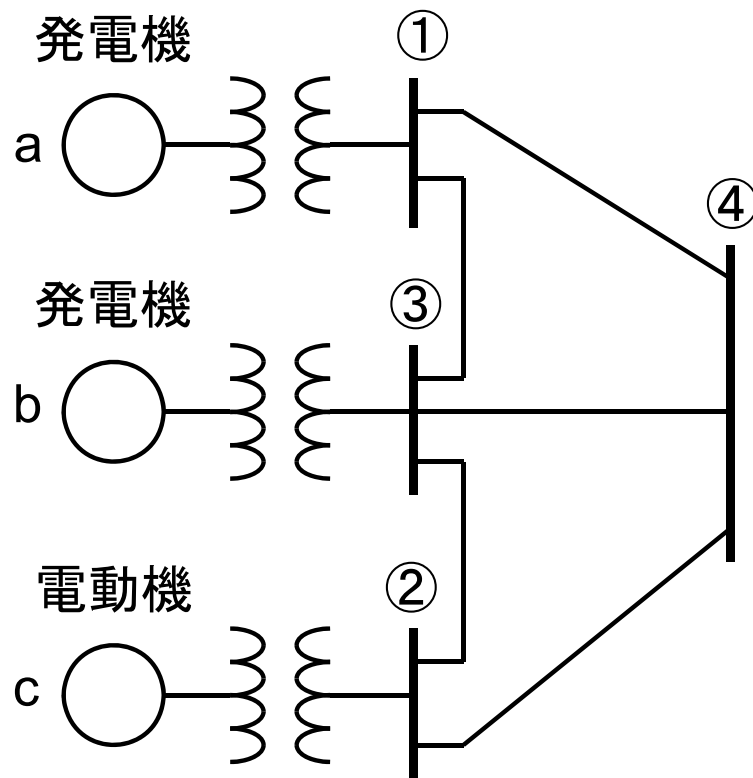
- インピーダンス行列

- 駆動点インピーダンス
 - 伝達インピーダンス
 - 単線結線図からアドミタンスを求めるほうが容易

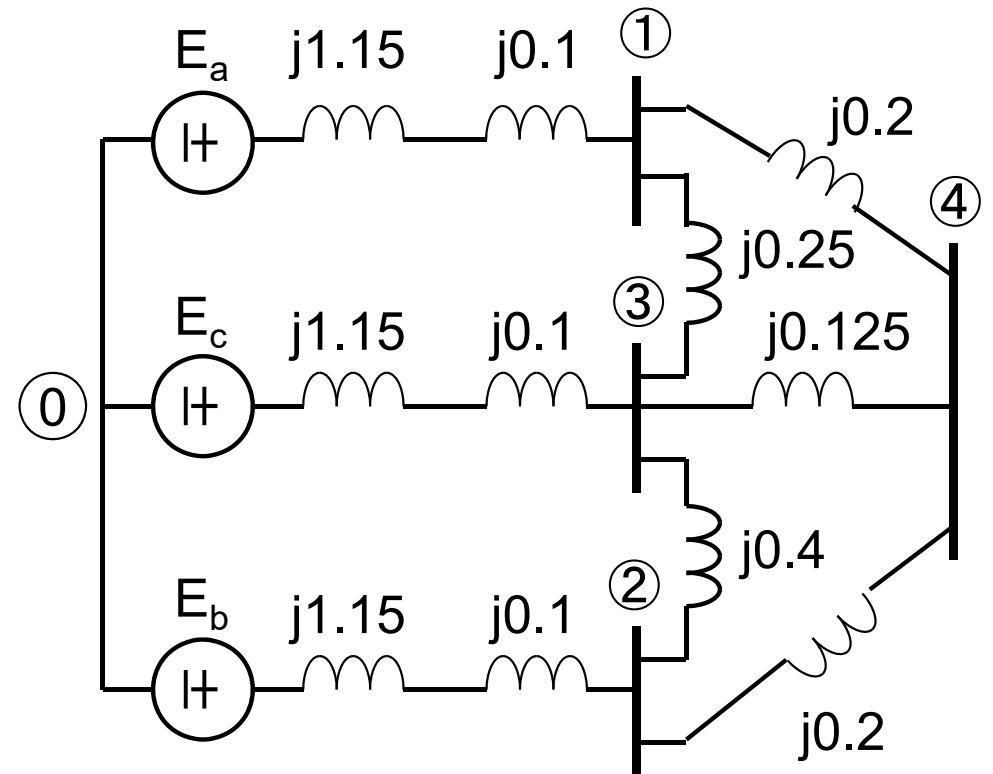
- その他必要な情報

- 変圧器の定格, 変圧比・インピーダンス・タップ比
 - 力率改善用コンデンサ

系統の節点方程式

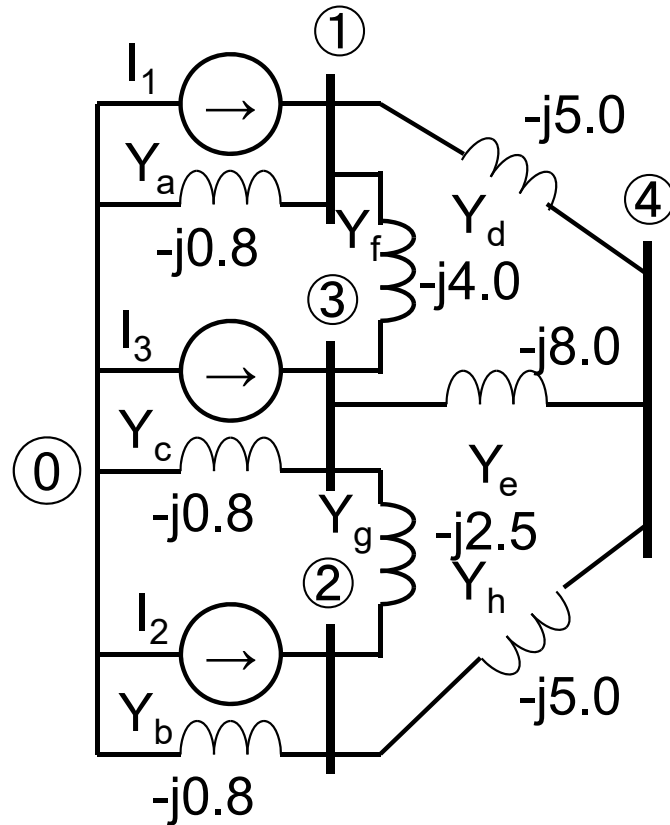


電力系統の単線結線図



電力系統のリアクタンス表現の結線図 (pu表示)

系統の節点方程式



電力系統のアドミタンス表現の結線図
(pu表示)

節点1のKCL

$$I_1 = V_1 Y_a + (V_1 - V_3) Y_f + (V_1 - V_4) Y_d$$

節点2のKCL

$$I_2 = V_2 Y_b + (V_2 - V_3) Y_g + (V_2 - V_4) Y_h$$

節点3のKCL

$$I_3 = V_3 Y_c + (V_3 - V_2) Y_g + (V_3 - V_1) Y_f + (V_3 - V_4) Y_e$$

節点4のKCL

$$0 = (V_4 - V_1) Y_d + (V_4 - V_2) Y_h + (V_4 - V_3) Y_e$$

系統の節点方程式

$$I_1 = (Y_a + Y_f + Y_d)V_1 - Y_f V_3 - Y_d V_4$$

$$I_2 = (Y_b + Y_g + Y_h)V_2 - Y_g V_3 - Y_h V_4$$

$$I_3 = -Y_f V_1 - Y_g V_2 + (Y_c + Y_e + Y_f + Y_g)V_3 - Y_e V_4$$

$$0 = -Y_d V_1 - Y_h V_2 - Y_e V_3 + (Y_d + Y_e + Y_h)V_4$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & Y_{14} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & Y_{24} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & Y_{34} \\ Y_{41} & Y_{42} & Y_{43} & Y_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix}$$

Y_{ii} 自己アドミタンス
その節点に接続された
アドミタンスの総和

Y_{ij} 相互アドミタンス($i \neq j$)
二節点間のアドミタンス
の負値

何もつながっていないノード($I_i=0$)を省略することを考える